

振動台実験による高性能型高減衰ゴム支承 (HdReX) の設計バイリニアモデルの妥当性検証

京都大学 正会員 ○五十嵐 晃 京都大学 学生会員 談 雨晴
住友理工(株) 正会員 中村 保之 住友理工(株) 非会員 竹ノ内 浩祐
日本鑄造(株) 正会員 山崎 信宏 日本鑄造(株) 正会員 石山 昌幸

1. はじめに

減衰性能・温度依存性等の特性を向上させた高性能型高減衰ゴム支承 (HdReX) に関して、橋梁設計での耐震性照査に用いるための設計バイリニアモデルを提案している。振動台実験で得られたデータに基づき、HdReX を適用した構造物の動的応答の評価への設計バイリニアモデルの適用の妥当性に関する検討を行った。

2. 時刻歴応答解析の方法

HdReX を用いた振動台実験の方法および設定した加振ケースについては、別稿²⁾で述べている。ここでは、HdReX により支持された桁模型 (カウンターウェイトを含む) を近似的に剛体とみなし、図1に示すように HdReX の設計バイリニアモデルを復元力とする1質点系に対し、振動台実験において計測された振動台加速度で支持点を加振された場合の非線形時刻歴応答解析 (線形加速度法) を行い、振動台実験の結果と比較する。

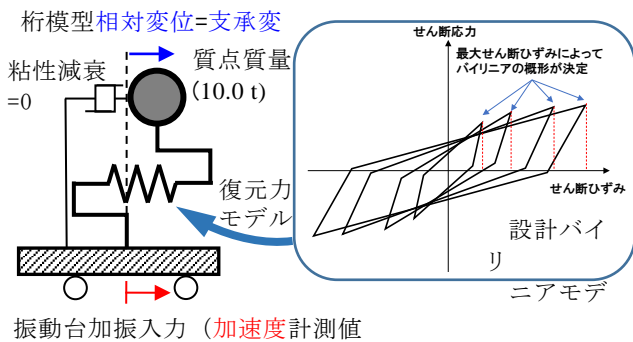


図1 振動台実験の時刻歴応答解析モデル

設計バイリニアモデルでは、 G , G_1 , G_2 (それぞれ等価、一次、二次せん断弾性係数) を最大せん断ひずみ γ の関数として次式のように与える。

$$G(\gamma) = a_0 + a_1\gamma + a_2(\gamma + a_3)^{a_4} \quad (1)$$

$$G_1(\gamma) = c_0 + c_1\gamma + c_2(\gamma + c_3)^{c_4} \quad (2)$$

$$G_2(\gamma) = d_0 + d_1\gamma + d_2(\gamma + d_3)^{d_4} \quad (3)$$

$a_i, c_i, d_i (i=0,1,\dots,4)$: 定数パラメータ

3. 時刻歴応答解析による検討

3.1 正弦波加振 (加振ケース 1)

正弦波加振 (2Hz, G12 供試体) における振動台実

験 (加振ケース 1) の結果と、設計バイリニアモデルを用いた時刻歴応答解析により得られた支承の変位-荷重関係を比較したものを図2に示す。

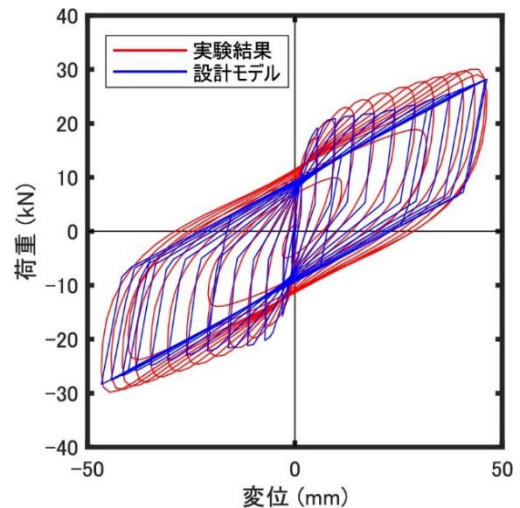


図2 正弦波加振による変位-荷重関係

なお、本ケースにおける動的応答解析においては、設計バイリニアモデルの最大せん断ひずみ γ を各時点での最大経験せん断ひずみの絶対値に時々刻々更新したものを示している。設計バイリニアモデルにより得られる変位は加振サイクルの進行に伴い応答振幅が増加していく挙動はもとより、各サイクルで生じる最大変位の値が振動台実験の結果と良好に一致しており、特に加振により生じる最大変位の評価は妥当なものが得られている。

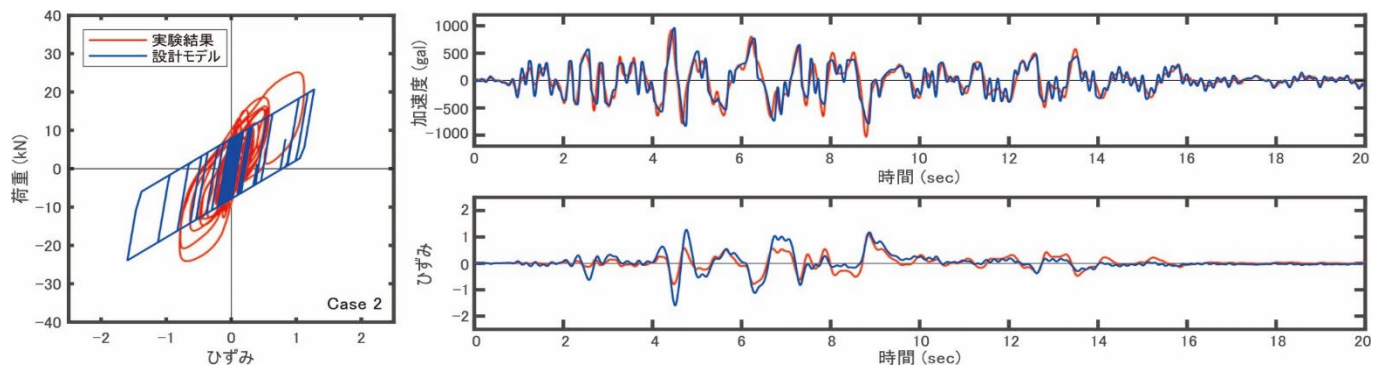
3.2 地震波入力 (加振ケース 2~4)

地震波を入力した加振ケース 2~4 に対応する時刻歴応答解析の結果を振動台実験と比較したものを図3に示す。実際の設計での応答評価に近い手順の適用を想定し、次の解析手順に従って設計バイリニアモデルを用いた応答解析の繰り返し計算を行い、HdReX-桁模型の動的応答を評価している。

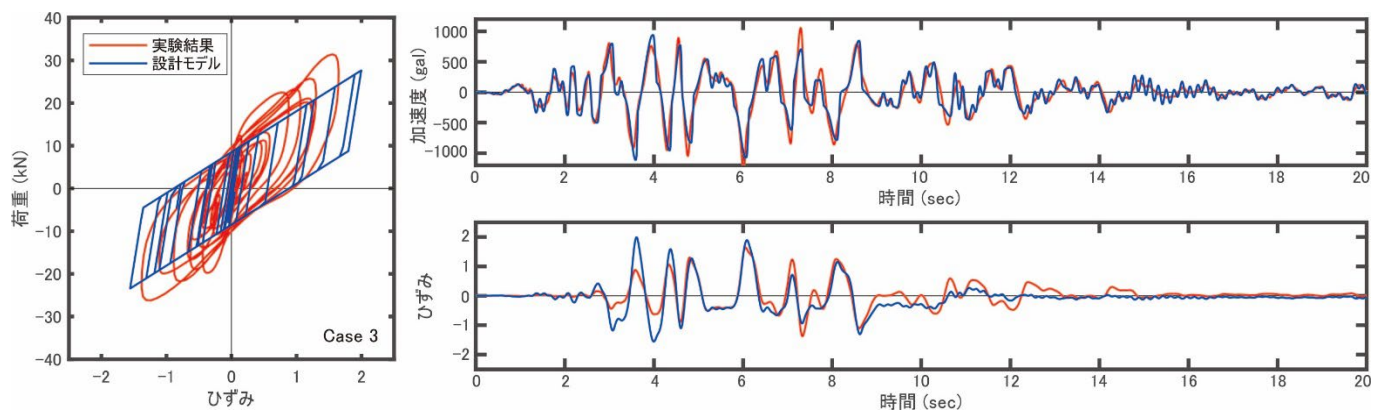
- i. HdReX の設計ひずみ γ の値を設定
- ii. 設計ひずみ γ の値を式(1)(2)(3)に代入して等価、一次、二次せん断弾性係数を決定
- iii. 非線形時刻歴応答解析を行う

キーワード：高減衰ゴム、動的挙動、振動台実験、復元力モデル、時刻歴応答解析

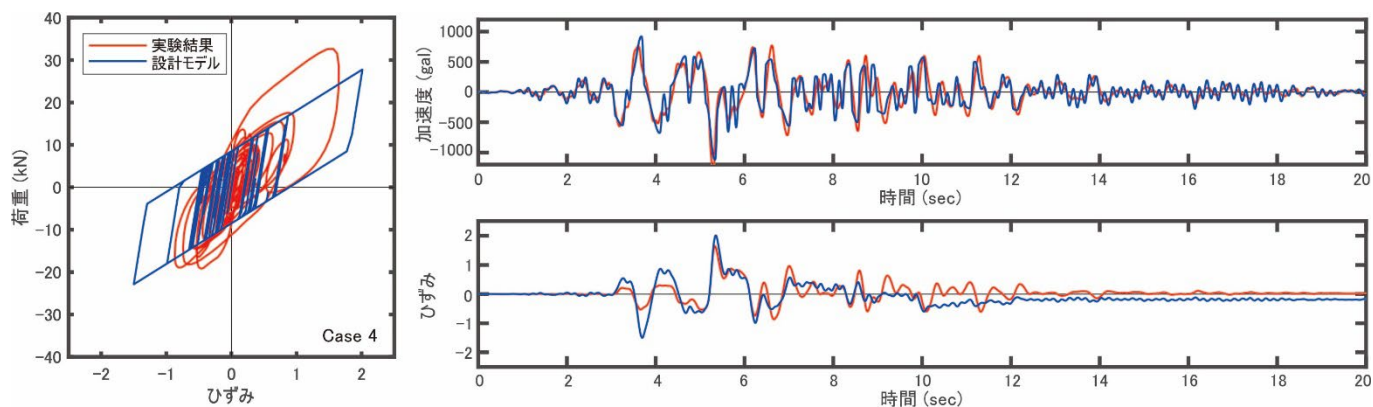
連絡先：〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所 TEL：0774-38-4135



(a) 加振ケース 2 (入力: レベル 2 地震動 (タイプ II) II 種地盤-波形 1・振幅 100%)



(b) 加振ケース 3 (入力: レベル 2 地震動 (タイプ II) II 種地盤-波形 2・振幅 115%)



(c) 加振ケース 4 (入力: レベル 2 地震動 (タイプ II) II 種地盤-波形 3・振幅 105%)

図 3 設計バイリニアモデルによる時刻歴応答解析と振動台実験の比較

iv. 得られた最大支承ひずみが、仮定した設計ひずみ γ に十分収束した場合は前ステップ iii. で得られた時刻歴応答を結果とする。収束に至っていない時は設計ひずみ γ の値を更新し、ステップ ii. に戻る。

図 3 に示した加振ケースで用いた供試体はいずれも G10 である。各々のケースについて、ひずみ-荷重関係、桁模型の加速度応答、ひずみ時刻歴を示している。設計バイリニアモデルによる最大ひずみの評価は実験値と概ね整合的であり、かつ常に大きい値となっている。これは、設計バイリニアモデルに基づく時刻歴応答解析による評価が安全側となる条件を満たしている。時刻歴応答波形の特性も、解析と実験で概ね一致しており、設計バイリニアモデルの

妥当性を示すと考えられる。これらの傾向は、加振ケース 5～7 についても同様である。

なお、設計バイリニアモデルの最大荷重が生じる時刻付近の全般的な剛性は実験結果よりもやや小さい。設計バイリニアモデルは繰返し載荷試験でのサイクル平均の考えに基づき定められるため、地震応答のように初期のサイクルで最大応答に達する場合には実験に比べ最大荷重が小さくなると考えられる。

参考文献

- 1) 影本ほか: 高減衰ゴム支承 HDRex の動的照査用モデルの構築と地震応答評価への適用性の検討, 土木学会第 76 回年次学術講演会, I-167, 2021 年。
- 2) 山崎ほか: 振動台を用いた高性能型高減衰ゴム支承 (HDRex) の性能確認実験, 土木学会第 77 回年次学術講演会, 2022 年 (投稿中)。